

甘南草原高原麝鼠年龄划分及其组成分析

苏军虎^{①②③} 彭然^① 南志标^③ JI Wei-Hong^{②④} 蔡卓山^①

① 甘肃农业大学草业学院, 草业生态系统教育部重点实验室, 中美草地畜牧业可持续发展研究中心 兰州 730070; ② 甘肃农业大学-新西兰梅西大学草地生物多样性研究中心 兰州 730070; ③ 草地农业生态系统国家重点实验室, 兰州大学草地农业科技学院 兰州 730020; ④ 新西兰梅西大学自然科学与数学学院 奥克兰 0632

摘要: 建立高原麝鼠 (*Eospalax baileyi*) 种群年龄鉴定划分标准, 可为对其的监测及防控提供科学依据。研究于 2015 年 5 月、10 月分别在甘南草原碌曲县采用夹捕法捕捉高原麝鼠 469 只 (雄鼠 209 只, 雌鼠 260 只), 在对样本进行逐个解剖和数据记录之后, 参考其体重、体长、胴体重及毛色等, 对高原麝鼠的年龄划分标准进行研究。依据胴体重将高原麝鼠分为 6 组: 亚成年组 (雄 < 144 g, 雌 < 106 g), 成年 I 组 (雄 144 ~ 210 g, 雌 106 ~ 148 g)、成年 II 组 (雄 211 ~ 276 g, 雌 149 ~ 190 g)、成年 III 组 (雄 277 ~ 342 g, 雌 191 ~ 232 g)、成年 IV 组 (雄 343 ~ 408 g, 雌 233 ~ 274 g) 和老年组 (雄 > 409 g, 雌 > 275 g)。年龄结构表显示, 不同的季节和不同地理区域高原麝鼠的种群年龄结构类型均为增长型。

关键词: 高原麝鼠; 胴体重; 年龄划分; 甘南草原

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2018) 01-46-09

Age Determination and Composition Analyses of Plateau Zokor (*Eospalax baileyi*) in Gannan Meadow

SU Jun-Hu^{①②③} PENG Ran^① NAN Zhi-Biao^③ JI Wei-Hong^{②④} CAI Zhuo-Shan^①

① College of Grassland Science, Key Laboratory of Grassland Ecosystem (Ministry of Education), Sino-U. S. Centers for Grazing land Ecosystem Sustainability, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070; ② Gansu Agricultural University-Massey University Research Centre for Grassland Biodiversity, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070; ③ State Key Laboratory of Grassland Agro-ecosystems, College of Pastoral Agriculture Science and Technology, Lanzhou University, Lanzhou 730020, China; ④ Institute of Natural and Mathematical Sciences, Massey University, Private Bag 102 904 North Shore Mail Centre 0632, Auckland, New Zealand

Abstract: Age estimation is of paramount importance for studying animal population ecology. The methods of age assessment may help us to determine different individual or population criteria including growth rate, age of sexual maturity, population birth rate, survival rate, age structure, etc. Furthermore, the age and its variation can largely determine the potential and size of the population, and thus form a high population size and cause the damages. The knowledge of population age structure and composition can give us the important

基金项目 国家自然科学基金项目 (No. 31460566, 31760706), 甘肃省杰出青年基金项目 (No. 1606RJDA314), 中国博士后科学基金项目 (No. 2015M572614, 2016T90958) 和甘肃农业大学“伏羲杰出人才”项目 (No. Gauxf-02J03);

第一作者简介 苏军虎, 男, 博士; 研究方向: 动物生态与草地保护; E-mail: sujh@gsau.edu.cn.

收稿日期: 2017-01-23, 修回日期: 2017-07-16 DOI: 10.13859/j.cjz.201801006

reference for the animals management. Plateau Zokor (*Eospalax baileyi*) is a typical subterranean rodent species inhabit the Qinghai-Tibetan Plateau. They usually dwell prairies, meadows and farm fields and form dense populations, destroy crops, compete with other livestock, and cause soil erosion. Even worse, Zokors population may reach pest levels when the grasslands are overgrazed by livestock and hence they aggravate the grassland degradation. In our study, 469 Plateau Zokor (260 females, 209 males) were captured in Gannan meadow, Luqu County during May to October 2015. The body length, body weight, carcass weight, propagation characteristics of each individuals was recorded, and the difference between each age groups body weights, carcass weights were analyzed by using t-test. Results show that the average body weight of female and male Zokors was significantly different (274.1 ± 2.7 g vs. 386.0 ± 5.7 g). Using body weight as the standard, Plateau Zokor can be divided into 5 natural age groups. By inter-age group differences t-test, adjacent difference between the two groups was significant ($P < 0.05$) (Table 1). There was no significant high correlation between body length and body weight (Table 2). Moreover, we compared the efficiency of age determination by body weights or carcass weights, and found out that the carcass weight is the more suitable parameter. Taking the reproductive status as a reference, we divided the female and male Zokors into 5 age groups: I, II, III, IV and V (Table 3). The age determination of Plateau Zokor has followed a growth-oriented pattern in different areas and seasons in Luqu County (Fig. 1 and Fig. 2). The formula of age estimation by carcass weight obtained from the present study can be used as a reference chart in Plateau Zokor control strategies.

Key words: Plateau Zokor, *Eospalax baileyi*; Carcass weight; Age determination; Gannan meadow

动物的年龄组成是其种群最基础的生态学特征之一。年龄划分与鉴定是分析年龄组成的关键，有助于估算个体生长率、性成熟年龄、寿命、种群出生率、存活率及年龄结构等（张知彬等 1998），且年龄组成的变化及其幅度很大程度上决定了种群上升的潜力和大小，为种群数量的增多提供了基础，因此，掌握年龄鉴定方法可为动物的管理与利用提供重要参考。啮齿动物个体小、数量大、密度高，种群波动较大（杨荷芳 1990），研究啮齿类种群的年龄和年龄结构，是对其进行有效防控的重要基础（陈立军等 2013）。

高原麴鼠 (*Eospalax baileyi*) 是青藏高原特有的啮齿类之一（Norris et al. 2004, 苏军虎等 2015）。常年营地下洞道生活，听觉、嗅觉灵敏，前爪坚硬锐利，是地下掘土类食草动物（Zhang et al. 2003）。它们在取食、交配、构筑巢窝洞道的挖掘活动中啃食牧草、堆土造丘覆压牧草，数量较大时会造成植被减少，加大水

土流失等，是青藏高原草地生态系统中影响较大的啮齿类之一（陶燕铎等 1990, 周立志等 2002, 苏军虎等 2013）。高原麴鼠的危害程度取决于种群数量的多寡，而种群数量的变动又受年龄组成的影响。因此对高原麴鼠种群年龄组成的划分及其数量的研究，能够为其测报及防治工作提供重要的参考（汪志刚等 1996）。

目前，国内外学者对啮齿类动物年龄划分标准进行大量的研究，划分标准主要依据臼齿齿冠的磨损程度及臼齿形态变化、头骨形态的变化及量度、体重、胴体重、水晶体重、后足长、体长、皮板大小、毛色变化和繁殖特征等（杨荷芳 1990, Purdey et al. 2004）。对于麴鼠亚科动物，郑生武等（1984）根据顶嵴间宽将高原麴鼠划分为 6 个年龄组，汪志刚等（1996）依据体重将高原麴鼠划分成 6 个年龄组。李晓晨等（1992）利用头骨干重将甘肃麴鼠 (*E. cansus*) 划分为 5 个年龄组。江廷安等（1996）以胴体重作指标，参考头骨形态变化与量度及

繁殖特征,将甘肃鼢鼠划分 5 个年龄组。国廷杰等(2000)依据体重、体长、胴体重作为指标,参考头骨特征、毛色变化等,将东北鼢鼠(*Myospalax psilurus*)划分 4 个年龄组。张碧岱等(2013)采用头骨干重作为划分中华鼢鼠(*E. fontanierii*)种群年龄的指标。由于种内及种间差异,各种划分标准都有其优缺点,但选用和确定年龄鉴定的方法,应该根据种群的特征及其影响因素而定,同时还应考虑所采用方法的相对精确性和可行性(国廷杰等 2000,韩崇选等 2006)。一般野外研究中基于体重划分年龄最为常见(张知彬等 1998),但体重指标影响因素较多,如孕鼠和食量对体重的干扰较大(汪志刚等 1996)。在野外研究中会对啮齿类的繁殖特征进行分析,随之可以很便捷地将其内脏全部去除,较容易获得胴体重这个指标。若能依胴体重为年龄标准,则可以避免孕鼠以及食量对其年龄分组的影响,增加其科学性及准确性;还可减少如测定头骨干重、顶嵴间宽等带来的繁琐和不便,增加年龄划分在野外研究中的实用性和可行性。目前未见高原鼢鼠胴体重为标准划分其年龄的报道,获得胴体重为指标的年龄划分标准,对于后期野外研究中年龄结构认识及相关后续研究具有重要意义。为此,本研究采集了甘南州碌曲县的高原鼢鼠样本,对每个样本进行解剖后测定其繁殖特征和体重、胴体重等数据,分析了体重与胴体重年龄分组的优劣,并对其进行显著性检验,旨在为高原鼢鼠的年龄准确划分及其组成提供依据,进而为高原鼢鼠的测报及防治工作提供参考。

1 材料与方 法

1.1 研究区概况

采样区位于甘肃省甘南藏族自治州碌曲县(33°58'21" ~ 34°48'48"N, 101°35'36" ~ 102°58'15"E, 平均海拔 3 500 m),该县地处青藏高原东北缘,地势高亢,地形复杂,绝大部分地区海拔都在 3 000 ~ 4 000 m 之间。境内

年平均温度 2.6 °C, 1 月份平均温度 - 9.0 °C, 7 月份平均温度 13.0 °C, 年绝对最高温度 28.9 °C, 年绝对最低温度 - 30.6 °C。等于和超过 0 °C 年积温 1 214 ~ 2 477 °C, 全年无霜期 56 d。年均降雨量 516 mm。土壤以亚高山草甸土和高山草甸土为主。高寒灌丛草甸和高寒草甸分别占全县草地面积 88.7% 和 11.3%, 是主要放牧场,也是草原鼠害最为严重的区域。全县鼠害发生面积 $14.18 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占全县草场总面积的 33.8%, 其中高原鼢鼠危害面积 $6.74 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占鼠害草地总面积的 43.1%。高原鼢鼠是该区域草甸和草原的绝对优势种害鼠。采集高原鼢鼠的样地选择在植被、地形、海拔等基本一致的高寒草甸,人为干扰(放牧等活动均为夏季牧场)等情况相似。

1.2 动物捕获

2015 年 4、5 月及 9 和 10 月,两次在甘南草原碌曲县用夹捕法捕获高原鼢鼠。5 月份采集 469 只,其中,尕海区 3 个种群 94 只(雄性 51 只,雌性 43 只),美吾区 3 个种群 95 只(雄性 37 只,雌性 58 只),加仓区 8 个种群 280 只(雄性 121 只,雌性 159 只);10 月份采集到 91 只。将样本进行编号并注明具体采集地点。逐个称量样本的体重,测量体长、尾长和前、后足长等指标。之后对标本进行解剖,去除全部内脏后测量胴体重,并做好相应记录(体长精确到 0.1 cm,头骨特征精确到 0.1 mm,体重精确到 0.1 g)。

1.3 年龄划分标准与方法

和其他啮齿动物一样,高原鼢鼠自出生开始,体重随生长发育不断增长,至成年时,体重增长速度逐渐减缓并趋向稳定,与此同时体长等指标也在不断变化(汪志刚等 1996)。通常依据体重,结合毛色和繁殖状况等,将高原鼢鼠分为 6 个年龄组(郑生武等 1984),本研究根据体重、胴体重的频次分配特征,选择以胴体重为标准进行年龄组划分。结合采集时间以及高原鼢鼠的生活史,排除怀孕、产后体质体况等,确定高原鼢鼠年龄划分的初步标准,

再进行组间检验，依据标准差调整分组，最后确定划分标准，胴体重指标选取整数（四舍五入）。

1.4 数据分析

采用独立样本 t 检验对各个分组的数据（雌雄性间和年龄组间）进行显著性差异检验，显著性水平均为 0.05；采用线性回归方程对雌雄体重与体长的差异性进行检验。利用变异系数表示组内个体的变异程度，以 5 月份采集的种群来分析年龄结构的地理变化，以 5 月、10 月份采集的种群来分析年龄结构的时间变化，所有统计分析由 Excel 2007 和 SPSS19.0 完成。

2 结果与分析

2.1 依据体重划分

在 5 月份采集到的 469 个样本中，雌鼠 260 只，平均体重 (274.1 ± 2.7) g (158.5 ~ 454.3 g)；雄鼠 209 只，平均体重 (386.0 ± 5.7) g (207.2 ~ 594.4 g)。雌雄鼯鼠体重差异显著 ($t = -18.777$, $P = 0.05$)。根据高原鼯鼠的生长规律，一般认为体重大于 180.0 g 的雄鼠和体重大于 160.0 g 的雌鼠即为成年鼯鼠。在采集的样本中，所有雄鼠均处在成年组之上，雌鼠中仅有 1 只个体（体重 158.5 g）处在亚成年组，其余

样本均处在成年组范围。因此，我们根据本研究划分标准和方法，对成年组以上的高原鼯鼠进行年龄组划分（表 1）。雌雄两性的体重均划分为 5 组，经显著性检验，雌雄两性各组之间均存有显著性差异，因此，暂定为每一个体重组为一个年龄组，其年龄顺序依次为 I、II、III、IV、V。

为了进一步证实该年龄组划分的可行性，进一步对各个年龄组的体重与体长进行相关性分析（表 2）。结果发现，仅雌雄两性的年龄 I 组的体长与体重具有较强的相关性，其他各组的体长与其体重之间均无显著的相关性，或是具有负相关性。表明体长与体重的变化不是同步的。主要原因是在成年以后，体长已趋于稳定，而体重参与了许多生活史过程，随着时间的推移，肌肉结构的变化会导致其重量的增加。

2.2 依据胴体重划分

分析以体重为标准的分组，观察到雌鼠第 V 组仅包含 2 个样本，且该 2 个样本的平均体重较雌鼠的平均体重高出 155.3 g。在体长与体重的相关关系中，雌鼠第 IV、V 组的线性相关关系为负相关。依据高原鼯鼠生长规律以及分组原理，以胴体重为指标将雌雄鼯鼠各分为 5 组（表 3）。

表 1 高原鼯鼠年龄组成划分（体重）

Table 1 Plateau Zokor age group composition (body weight)

性别 Gender	年龄组 Age group	样本数（只） Sample size (ind)	体重 Body weight				t 检验 T test	$t_{0.05}$		
			平均值 \pm 标准误 Mean \pm SE (g)	范围 Range (g)	标准差 SD	变异系数 (%) Coefficient of variation, CV				
雄 Male	I	20	249.8 \pm 4.9	180 ~ 280	22.1	8.8	$T_{I..II}$ 13.136	1.664		
	II	65	324.6 \pm 2.7	281 ~ 363	22.3	6.9				
	III	70	398.3 \pm 2.8	364 ~ 443	23.8	6.0			$T_{II..III}$ 18.534	1.658
	IV	41	476.5 \pm 3.5	444 ~ 525	22.6	4.7			$t_{III..IV}$ 17.254	1.664
	V	13	550.7 \pm 5.4	> 526	19.6	3.6			$t_{IV..V}$ 11.461	1.714
雌 Female	I	23	198.8 \pm 3.5	160 ~ 218	16.8	9.3	$t_{I..II}$ 13.884	1.699		
	II	123	252.8 \pm 1.5	219 ~ 277	16.2	6.4				
	III	97	304.5 \pm 1.7	278 ~ 338	16.3	5.4			$t_{II..III}$ 23.480	1.645
	IV	14	357.5 \pm 4.7	339 ~ 394	17.8	5.0			$t_{III..IV}$ 10.531	1.746
	V	2	429.4 \pm 24.9	> 395	35.2	8.2			$t_{IV..V}$ 4.866	1.761

表 2 高原鼢鼠各年龄组体长与体重的相关关系

Table 2 Correlation between body length and body weight for Plateau Zokor

性别 Gender	年龄组 (体重) Age group (Body weight)	体长极限 (cm) Limits of body length	自由度 <i>df</i> Degree of freedom	相关关系 (<i>r</i>) Correlativity	<i>P</i> 值 <i>P</i> value
雄 Male	I	21.5 ~ 26.8	20	0.314	<i>P</i> < 0.05
	II	22.7 ~ 28.8	65	- 0.002	<i>P</i> < 0.05
	III	22.8 ~ 30.3	70	0.044	<i>P</i> > 0.05
	IV	23.5 ~ 33.2	41	0.251	<i>P</i> < 0.05
	V	24.5 ~ 30.5	13	- 0.241	<i>P</i> < 0.05
雌 Female	I	20.8 ~ 24.5	23	0.537	<i>P</i> < 0.05
	II	19.8 ~ 26.5	124	0.216	<i>P</i> < 0.05
	III	20.8 ~ 26.9	97	0.059	<i>P</i> < 0.05
	IV	22.3 ~ 26.8	14	- 0.310	<i>P</i> > 0.05
	V	23.0 ~ 25.3	2	- 1.000	<i>P</i> > 0.05

表 3 高原鼢鼠年龄组成划分 (胴体重)

Table 3 Plateau Zokor age group divided standards (carcass weight)

性别 Gender	年龄组 Age group	样本数 (只) Sample size (ind)	胴体重 Carcass weight				<i>t</i> 检验 <i>T</i> test	<i>t</i> _{0.05}
			平均数 ± 标准误 Mean ± SE (g)	范围 Range (g)	标准差 SD	变异系数 (%) Coefficient of variation, CV		
雄 Male	I	21	184.4 ± 4.2	144 ~ 210	19.4	10.5		
	II	65	244.5 ± 2.4	211 ~ 276	19.7	8.1	<i>T</i> _{I,II}	12.208 1.644
	III	65	302.5 ± 2.5	277 ~ 342	19.8	6.5	<i>t</i> _{II,III}	16.766 1.658
	IV	45	369.7 ± 3.0	343 ~ 408	20.4	5.5	<i>t</i> _{III,IV}	17.307 1.660
	V	13	437.4 ± 5.1	> 409	18.4	4.2	<i>t</i> _{IV,V}	10.741 1.671
雌 Female	I	13	132.9 ± 2.9	106 ~ 148	10.3	7.8		
	II	114	173.9 ± 1.1	149 ~ 190	11.9	6.8	<i>t</i> _{I,II}	11.910 1.658
	III	105	208.8 ± 1.3	191 ~ 232	13.0	6.2	<i>t</i> _{II,III}	20.784 1.645
	IV	22	240.0 ± 1.5	233 ~ 274	7.0	2.9	<i>t</i> _{III,IV}	16.025 1.671
	V	6	298.7 ± 5.0	> 275	12.2	4.1	<i>t</i> _{IV,V}	11.304 1.943

对比各组 $|t|$ 与 $t_{0.05}$ 的值 (表 3), 可以看出雌雄各年龄组之间的差异均达到显著水平。因此可以将雌雄年龄组各分为 I、II、III、IV 和 V 5 个组, 该分组与以体重为标准的划分组一致, 均为实际年龄相同的年龄段。对比分析表 1 与表 3, 以体重作为划分标准的各组标准差在 16 ~ 35 之间, 雌性分组前 4 组在 18 左右, 第 V 组为 35 左右; 而以胴体重为标准的各组标准差在 6 ~ 20 之间, 雌性 5 组标准差均在 10 左右。这说明以胴体重作为划分标准更为准确。再次

对比表 1 和表 3 中雌性的第 V 组, 发现以胴体重为标准中的标准误、标准差和变异系数均小于以体重为标准的相应数据。这说明以胴体重为划分标准能充分降低雌鼠繁殖对年龄划分的影响, 以胴体重为高原鼢鼠的年龄划分依据更精确。综合分析, 除亚成年组外, 本研究将 5 个年龄组分别对应于高原鼢鼠成年 I 组、成年 II 组、成年 III 组、成年 IV 组和老年组。

2.3 年龄结构的地理和季节变化

以采自甘南碌曲县的 3 个区域 14 个不同种

群为基础，分析不同的采集样地和采集时间对高原麝鼠的年龄组成产生的影响。

2.3.1 不同地理种群高原麝鼠年龄结构的变化 14 个不同采集地，依据地理距离可划分为 3 个区域，分别为尕海区（3 个种群），美吾区（3 个种群）和加仓区（8 个种群）。然后对三个区域的高原麝鼠年龄构成进行对比（图 1）。

对比尕海、美吾两地的高原麝鼠雌雄年龄组成，均为雌雄成年 II 组占优势。观察两区域雌性年龄组成，其变化序列由高到低均为成年 II-成年 III-成年 I-成年 IV 组，且均未捕捉到老年组高原麝鼠，两地每个年龄组所占比例也几乎相同。观察两地雄性年龄组成，两地的成年 II 组、成年 IV 组和老年组所占比例没有较大变化，仅尕海区成年 III 组较美吾区偏多，美吾种群成年 I 组较尕海种群偏多。两地雌雄年龄组成极为相似，地理差异不显著。

对比尕海、加仓两区域高原麝鼠的雌雄年龄组成，由雌性来看，加仓区为成年 III 组占比最大，向着两端递减，其变化顺序由高到低依次为成年 III-成年 II-成年 IV-成年 I-老年组，与尕海区差异较大。再对比两地雄性年龄组成，加仓区依然是成年 III 组占优势，成年 IV 组和老年组占比相较尕海区尤为高，而成年 I 组占

比则略小于尕海区。以上对比证明加仓区高原麝鼠的年龄组成偏大，加仓区较尕海、美吾两个区域其年龄结构有明显变化，地理条件对高原麝鼠的年龄组成有一定的影响。

2.3.2 高原麝鼠年龄结构的季节变化 以 5 月份采集的高原麝鼠作为样本，以 10 月份的高原麝鼠作为对比样本，应用本研究中的胴体重年龄划分标准进行划分，比较高原麝鼠在不同季节的年龄结构变化，结果见图 2。

图 2 的左侧为 10 月的高原麝鼠年龄组成，右侧为 5 月的高原麝鼠年龄组成。分析发现，两个季节均是成年 II 组占优势，10 月的成年 II 组占其种群总数的 56.6%，而 5 月的成年 II 组占其种群总数的 38.1%。与 5 月份相比，10 月份（繁殖后）成年 I 组、成年 II 组增加显著。高原麝鼠的亚成体一般为出生后的 3~7 个月。5 月份为繁殖季节，说明经过 5 个月左右的成长，大部分新生个体正由亚成体逐渐向成体过渡，本研究在 10 月份采集的个体，其成年 I 组和成年 II 组占有非常大的比例。而在成年 III 组以后，由于大量成年 V 组种群的衰亡，使得这三个年龄组所占的比例下降。总之，10 月的高原麝鼠种群年龄结构比次年 5 月的高原麝鼠年轻化，这与其繁殖后期成长、越冬期死亡率

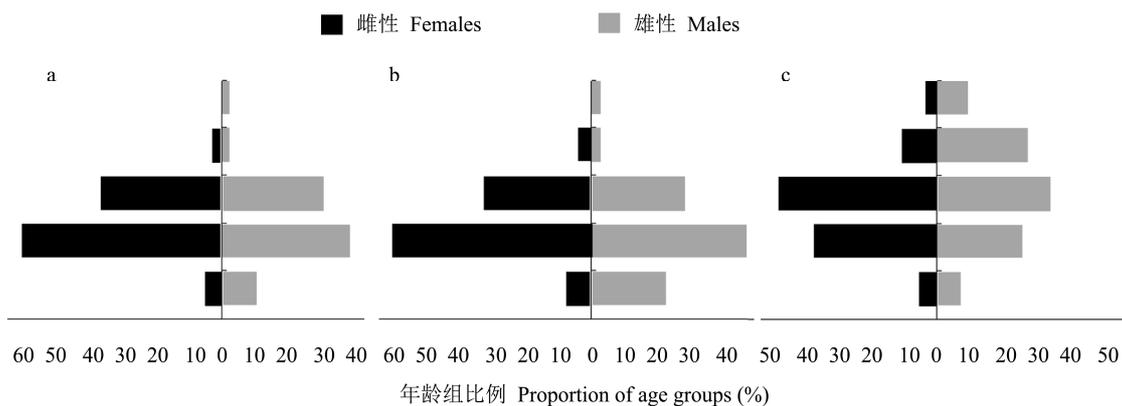


图 1 3 个区域高原麝鼠种群年龄雌雄组成

Fig. 1 Age and sex composition of three area populations

a. 尕海区；b. 美吾区；c. 加仓区；图中纵坐标由下至上依次为成年 I 组、成年 II 组、成年 III 组、成年 IV 组和 V 组。

a, b, c presents area Gahai, Meiwu and Jiakang population respectively, figures in the bottom-up followed by the age of group I, II, III, IV and V.

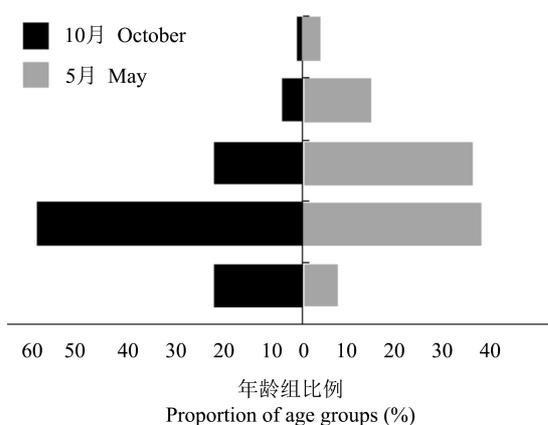


图2 不同季节年龄结构的对比

Fig. 2 Comparison of age structure of Plateau Zokor in different seasons

图中纵坐标由下至上依次为成年I组、成年II组、成年III组、成年IV组和V组。

Figures in the bottom-up followed by the age of group I, II, III, IV and V.

等有关。

3 讨论

3.1 高原麝鼠年龄划分

年龄划分标准很多,但野外研究中一个科学、便捷和高效的年龄划分标准则是最实用的。胴体重随年龄的生长而增加,以胴体重为标准的年龄鉴定方法是相对可靠的方法之一(鲍毅新等 1984,杨再学等 2009,王也等 2014)。胴体重标准同样适用于孕鼠和繁殖雄鼠,排除了繁殖状况和摄食对年龄鉴定的影响,优于体重年龄鉴定方法(王永奇等 2015)。在常规捕捉的鼠类样本中,胴体重也是最常用的数据指标之一。因此,采用胴体重作为划分标准划分高原麝鼠年龄具有重要的现实意义。郑生武等(1984)发现高原麝鼠顶嵴间宽变异系数最大,离散度大,容易辨认,并以此将高原麝鼠划分为6个年龄组。汪志刚等(1996)依据体重将高原麝鼠划分成6个年龄组。本研究只捕捉到处于亚成年组的1只个体,样本量太小未能对

亚成年组进行划分。除亚成年组外,以往的研究和本研究年龄分组基本一致,均为6个年龄组。

高原麝鼠是多年生的鼠种,每年产仔1~2次,4~6月份是其繁殖期(魏万红等 1998),平均妊娠率37.96%,平均胎仔数3.21(汪志刚等 1995)。我们在野外调查中发现,高原麝鼠在出生3个月后其体重达到70g左右。秋末个体,即成长到5~6个月,体重达到110g左右。这部分个体年龄分组较易划分,我们将其统一划分至亚成年组。经过越冬后,第2年高原麝鼠个体即可参与繁殖,但比例较小,我们定义为成年I组。到第3年时,即越冬二年的个体,大部分可参与繁殖(繁殖率为85.11%, $n=94$),将其划分为成年II组。但这时由于受繁殖、越冬等因素的影响,成年II组较成年I组体重增加不多。

经过三年的越冬和前期的繁殖经历,即III组和IV组的个体,绝大部分个体均能参与繁殖,但在繁殖和越冬期消耗大量的能量,体况较弱。高原麝鼠繁殖时期,由于怀孕使得部分雌鼠体重远高于其正长体重,以及部分雌鼠由于产仔、哺乳后体质尚未恢复,会出现体长体重比例失调(Tkadlec et al. 1998,张同作等 2006, Vasileiadou et al. 2008),体重也增加不大,且雌雄性增加程度差异较大,表现出明显的两性大小异形(另文发表)。成年III龄组以上,即绝对年龄在4龄以上组,由于社群经验等,加之其体重(较成年I组和成年II组)占有较大的优势,大部分参与到了繁殖竞争中,繁殖率达到90%以上,本研究中的繁殖率达92.77%($n=83$)。汪志刚等(1995)研究中发现4组最不稳定,5组、6组稳定,这可能表现出了不同年龄组生活的经验,也与本研究的结果相似,我们推测在本研究的III龄组中,由于参与繁殖竞争,导致的迁移扩散和一定的死亡率等,出现了该组个体比例不稳定的情况。

依据上述分析,我们发现成年IV组个体,绝对年龄在5年以上,6龄左右,这时个体成

员均有机会参与繁殖。IV 龄组以上称之为老体组，这些老体组个体，经验丰富，均能参与繁殖，年龄应在 6 龄以上，但由于衰老等情况，死亡率较高，个体比例较小。王也等（2014）发现三趾跳鼠（*Dipus sagitta*）会伴随自然衰老而产生疾病和摄食困难的影响，单凭胴体重一个指标不足以判断年龄，建议结合头骨臼齿磨损程度等数据来进行年龄判定。本研究中的老龄组雄性体重明显较高，但对于雌性分组较难判断，但雌体体重也较其他年龄组大，有关其衰老情况需要进一步分析。

此外，地下鼠不同于其他地面鼠，地下鼠生活环境独特，经受着高寒、低氧和潮湿等胁迫（Nevo 2013），研究发现地下鼠寿命较长，裸鼯鼠（*Heterocephalus glaber*）可存活 28 年（Mitchell et al. 2007）。而地下鼠如高原鼯鼠的洞道作为其各种生命活动的重要场所，洞道与体重体形的适应具有重要意义，个体较大会造成觅食、贮食、求偶和迁移扩散等挖掘活动中能量的过度消耗。洞道与体形适应方面，如洞道的大小既要保证高原鼯鼠的自由穿梭，更是阻挡一些天敌动物如艾虎（*Mustela eversmanni*）、香鼬（*M. altaica*）等不能随意地进出。自身体形增大，必然造成洞道大小增大，增加天敌动物侵入的危险。因此后续的研究中这需结合高原鼯鼠寿命的长短，来分析地下生活方式对动物体重及其他生理指标的影响。

3.2 高原鼯鼠种群年龄结构的地理差异或变化

年龄结构的地理差异或变化能为物种防控提供有价值的指导。一般情况下，出生率、死亡率以及诸多环境因素都会对动物的年龄结构产生影响，且年龄结构一般会呈现季节性变化规律。高原鼯鼠所处的地下环境较为稳定，自然情况下，地下鼠主要受资源的影响，在高寒草地环境下，地下鼠的食物资源分布较为均匀，一般年龄结构较为稳定，也会呈现出变化规律，形成了与栖息环境相适应的特征。本研究比较了不同地理和时间的高原鼯鼠种群年龄发现，均表现出较低的出生率，稳定的增长趋势。

本研究中未发现年龄结构的较大变化。研究中采集样本的三个区域均为高寒草甸植被，地形、地貌一致，海拔在 3 000 ~ 3 200 m 之间，人为干扰（放牧）情况基本一致。但防控实践和草地利用过程中的草地状况、放牧、气候等因素会对高原鼯鼠年龄结构和组成造成一定的影响，张堰铭（1999）发现捕杀干扰下高原鼯鼠年龄结构趋年轻化（幼年组和亚成年组比例增高）。放牧、捕杀等影响下啮齿类会在行为、形态等多方面表现出一系列的变化（苏军虎等 2016）。后续的研究中很有必要分析放牧等因素对高原鼯鼠年龄结构的影响。

参 考 文 献

- Mitchell T W, Buffenstein R, Hulbert A J. 2007. Membrane phospholipid composition may contribute to exceptional longevity of the naked mole-rat (*Heterocephalus glaber*): a comparative study using shotgun lipidomics. *Experimental Gerontology*, 42(11): 1053–1062.
- Nevo E. 2013. Stress, adaptation, and speciation in the evolution of the blind mole rat, *Spalax*, in Israel. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 66(2): 515–525.
- Norris R W, Zhou K Y, Zhou C Q, et al. 2004. The phylogenetic position of the zokors (Myospalacinae) and comments on the families of muroids (Rodentia). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 31(3): 972–978.
- Purdey D C, King C M, Lawrence B. 2004. Age structure, dispersion and diet of a population of stoats (*Mustela erminea*) in southern Fiordland during the decline phase of the beech mast cycle. *New Zealand Journal of Zoology*, 31(3): 205–225.
- Tkadlek E, Zejda J. 1998. Small rodent population fluctuations: The effects of age structure and seasonality. *Evolutionary Ecology*, 12(2): 191–210.
- Vasileiadou K, Hooker J J, Collinson M E. 2008. Quantification and age structure of semi-hypsodont extinct rodent populations. *Journal of Taphonomy*, 5(1): 15–41.
- Zhang Y M, Zhang Z B, Liu J K. 2003. Burrowing rodents as ecosystem engineers: the ecology and management of plateau zokors *Myospalax fontanierii* in alpine meadow ecosystems on

- the Tibetan Plateau. *Mammal Review*, 33(3): 284–294.
- 鲍毅新, 诸葛阳. 1984. 社鼠的年龄鉴定与种群年龄组成. *兽类学报*, 4(2): 127–137.
- 陈立军, 刘伟, 苏永志, 等. 2013. 典型草原区达乌尔鼠兔年龄划分标准. *动物学杂志*, 48(3): 345–350.
- 国廷杰, 陈丽石, 于海成, 等. 2000. 东北鼯鼠种群年龄结构的划分. *森林病虫通讯*, 19(1): 17–19.
- 韩崇选, 杨学军, 王明春, 等. 2006. 次改林地鼯鼠种群年龄结构和繁殖特性动态研究. *中国森林病虫*, 25(5): 1–5.
- 江廷安, 郑生武, 卢宗凡. 1996. 黄土高原甘肃鼯鼠危害及防治研究 II 甘肃鼯鼠年龄鉴定及种群年龄结构的研究. *水土保持研究*, 2(3): 174–183.
- 李晓晨, 王廷正. 1992. 甘肃鼯鼠种群年龄的研究. *兽类学报*, 12(3): 193–199.
- 苏军虎, 刘荣堂, 纪维红, 等. 2013. 我国草地鼠害防治与研究的发展阶段及特征. *草业科学*, 30(7): 1116–1123.
- 苏军虎, Ji W H, 南志标, 等. 2015. 鼯鼠亚科 *Mysopalacinae* 动物系统学研究现状与展望. *动物学杂志*, 50(4): 649–658.
- 苏军虎, 南志标, 纪维红. 2016. 家畜放牧对啮齿动物影响的研究进展. *草业学报*, 5(11): 136–148.
- 陶燕锋, 樊乃昌, 景增春. 1990. 高原鼯鼠对草场的危害及防治阈值的探讨. *中国媒介生物学及控制杂志*, 1(2): 103–106.
- 汪志刚, 刘荣堂, 陈艳, 等. 1995. 高原鼯鼠繁殖指数探讨. *草业学报*, 4(1): 61–68.
- 王也, 张文杰, 任娅茹, 等. 2014. 浑善达克沙地三趾跳鼠体重与年龄划分. *动物学杂志*, 49(6): 798–803.
- 王永奇, 盛岩, 刘文华, 等. 2015. 陕西凤县驯养林麝的种群动态、性比和年龄结构. *生态学报*, 35(15): 4986–4992.
- 魏万红, 王权业, 周文扬, 等. 1998. 捕食干扰对高原鼯鼠 *Myospalax baileyi* 种群繁殖力的影响. *生态学报*, 18(2): 176–180.
- 杨荷芳. 1990. 小型兽类年龄鉴定方法简评. *生态学杂志*, 9(2): 45–55.
- 杨再学, 郑元利, 潘世昌, 等. 2009. 褐家鼠的年龄鉴定及种群年龄组成. *中国农学通报*, 25(14): 218–223.
- 张碧岱, 邹波, 花慧贞. 2013. 山西省娄烦县中华鼯鼠种群年龄结构研究. *山西科技*, 28(5): 38–40.
- 张同作, 崔庆虎, 连新明, 等. 2006. 退耕还林还草地鼠害治理——大林姬鼠种群年龄结构的研究. *草业科学*, 23(2): 67–70.
- 张堰铭. 1999. 捕杀对高原鼯鼠种群年龄结构及繁殖的影响. *兽类学报*, 33(3): 44–51.
- 张知彬, 王祖望. 1998. 农业重要害鼠的生态学及控制对策. 北京: 海洋出版社, 242–243.
- 郑生武, 周立. 1984. 高原鼯鼠种群年龄的研究 I. 高原鼯鼠种群年龄鉴定的主成分分析. *兽类学报*, 4(4): 311–319.
- 周立志, 李迪强, 王秀磊, 等. 2002. 三江源自然保护区鼠害类型、现状和防治策略. *安徽大学学报: 自然科学版*, 26(2): 87–96.